

Anatomia foliar, caulinar, radicular e teor de pigmentos fotossintéticos em mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) submetidas a diferentes períodos de alagamento

Leaf, stem, and root anatomy and photosynthetic pigment content in cacao seedlings (*Theobroma cacao* L.) subjected to different flooding periods

Anatomía de hojas, tallos y raíces y contenido de pigmentos fotosintéticos en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometidas a diferentes periodos de inundación

DOI: 10.55905/oelv24n1-103

Receipt of originals: 12/15/2025

Acceptance for publication: 1/12/2026

Basílio Cerri Neto

Doutor em Biologia Vegetal

Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo

Endereço: Vitória, Espírito Santo, Brasil

E-mail: basiliocerri@yahoo.com.br

Vinicius de Souza Oliveira

Doutor em Agronomia

Instituição: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Endereço: Linhares, Espírito Santo, Brasil

E-mail: souzaoliveiravini@gmail.com

Thayanne Rangel Ferreira

Doutora em Biologia Vegetal

Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo

Endereço: Vitória, Espírito Santo, Brasil

E-mail: thayannerangel85@gmail.com

Carlos Alberto Spaggiari Souza

Doutor em Agronomia (Fitotecnia)

Instituição: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Endereço: Linhares, Espírito Santo, Brasil

E-mail: spaggiari.ceplac@gmail.com

Lúcio de Oliveira Arantes

Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas

Instituição: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Endereço: Linhares, Espírito Santo, Brasil

E-mail: lucio.arantes@incaper.es.gov.br

Enilton Nascimento de Santana

Doutor em Agronomia (Fitopatologia)

Instituição: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Endereço: Linhares, Espírito Santo, Brasil

E-mail: enilton@incaper.es.gov.br

Karin Tesch Kuhlcamp

Mestre em Agronomia

Instituição: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Endereço: Linhares, Espírito Santo, Brasil

E-mail: karin.kuhlcamp@incaper.es.gov.br

Carla da Silva Dias

Doutora em Ciências Agrárias (Fisiologia Vegetal)

Instituição: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Endereço: Linhares, Espírito Santo, Brasil

E-mail: carla.dias@incaper.es.gov.br

Sara Dousseau-Arantes

Doutora em Agronomia (Fisiologia Vegetal)

Instituição: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Endereço: Linhares, Espírito Santo, Brasil

E-mail: saradousseau@gmail.com

RESUMO

O alagamento tem sido um fator limitante para o crescimento inicial e estabelecimento de plantas de cacaueteiro. Plantas quando submetida ao alagamento, pode apresentar estratégias específicas de tolerância superar a falta de oxigênio no sistema radicular. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do período de alagamento sob a anatomia foliar, caulinar, radicular e os pigmentos fotossintéticos em mudas de cacaueteiro. Para tanto, foram utilizadas 15 mudas de cacaueteiros que foram submetidas a cinco distintos períodos de alagamento sendo eles: 0, 20, 22, 24 e 28 dias de alagamento. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliadas as características da folha: Comprimento do xilema, Comprimento do floema, Comprimento da Nervura Central, Comprimento do mesófilo. Caule: comprimento do xilema e diâmetro do Vaso do xilema. Nas raízes: número de aerênquima, polos do xilema, circunferência do cilindro vascular, espessura do cilindro vascular. Também foram avaliados os pigmentos fotossintéticos. Sob alagamento, houve alterações significativas na anatomia e nos pigmentos fotossintéticos de plantas de

Theobroma cacao L., sendo esses, fatores de tolerância desta espécie ao ambiente inundado.

Palavras-chave: Estresse Hídrico, Deficiência de Oxigênio, Tolerância, Modificações Anatômicas.

ABSTRACT

Flooding has been a limiting factor for the initial growth and establishment of cacao plants. When subjected to flooding, plants may exhibit specific tolerance strategies to overcome the lack of oxygen in the root system. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of the flooding period on the leaf, stem, and root anatomy and photosynthetic pigments in cacao seedlings. To this end, 15 cacao seedlings were subjected to five different flooding periods: 0, 20, 22, 24, and 28 days of flooding. The study was conducted in a greenhouse, in a completely randomized design. The following characteristics were evaluated: Leaf: xylem length, phloem length, midrib length, mesophyll length. Stem: xylem length and xylem vessel diameter. Root: number of aerenchyma, xylem poles, vascular cylinder circumference, vascular cylinder thickness. Photosynthetic pigments were also evaluated. Under flooding, there were significant changes in the anatomy and photosynthetic pigments of *Theobroma cacao* L. plants, these being factors of tolerance of this species to the flooded environment.

Keywords: Water Stress, Oxygen Deficiency, Tolerance, Anatomical Changes.

RESUMEN

Las inundaciones han sido un factor limitante para el crecimiento inicial y el establecimiento de las plantas de cacao. Cuando se someten a inundaciones, las plantas pueden exhibir estrategias específicas de tolerancia para superar la falta de oxígeno en el sistema radicular. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del período de inundación en la anatomía de la hoja, el tallo y la raíz y los pigmentos fotosintéticos en plántulas de cacao. Para este fin, 15 plántulas de cacao fueron sometidas a cinco diferentes períodos de inundación: 0, 20, 22, 24 y 28 días de inundación. El estudio se realizó en un invernadero, en un diseño completamente al azar. Se evaluaron las siguientes características: Hoja: longitud del xilema, longitud del floema, longitud de la nervadura central, longitud del mesófilo. Tallo: longitud del xilema y diámetro de los vasos del xilema. Raíz: número de aerénquima, polos del xilema, circunferencia del cilindro vascular, grosor del cilindro vascular. También se evaluaron los pigmentos fotosintéticos. Bajo inundación se produjeron cambios significativos en la anatomía y pigmentos fotosintéticos de las plantas de *Theobroma cacao* L., siendo estos factores de tolerancia de esta especie al ambiente inundado.

Palabras clave: Estrés Hídrico, Deficiencia de Oxígeno, Tolerancia, Cambios Anatómicos.

1 INTRODUÇÃO

O cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) é uma planta cujo centro de origem é a Amazônia, tanto nas terras baixas, dentro dos bosques escuros e úmidos sob a proteção de grandes árvores, como em florestas menos exuberantes e relativamente menos úmidas, em altitudes variáveis, entre 0 e 1.000 m do nível do mar (Ceplac, 2007). Em condições silvestres cresce no substrato intermediário da floresta e pode alcançar até 20 m de altura. Contudo, sob condições de cultivo, a altura está entre 3 a 5 m. O sistema radicular consta de uma raiz pivotante que tem o seu comprimento e forma variando de acordo com a estrutura, textura e consistência do solo. Sua importância econômica se deve à produção de frutos dos quais se extraem sementes que servem como matéria-prima para a fabricação de chocolate (Almeida *et al.*, 2014).

No estado do Brasil a maioria das lavouras cacauieiras são cultivadas em sistema de cabruca, plantadas com genótipos tradicionais que não passaram pelo processo de melhoramento genético, apresentando, portanto, baixa produtividade e vulnerabilidade a pragas e doenças. O cultivo também passa por períodos de alagamento, principalmente em épocas de chuvas, causando prejuízos aos cacauicultores (Braga, 2015). O alagamento tem sido um fator limitante para o crescimento inicial e estabelecimento do cacauieiro, a maior parte das áreas plantadas possui solos aluviais sujeitos ao alagamento, especialmente no verão quando as chuvas são intensas e frequentes (Oliveira *et al.*, 2019).

O encharcamento e a inundação são comuns em ecossistemas alimentados pela chuva, especialmente em solos com drenagem deficiente (Ezin, 2010). O estresse sobre as plantas imposto pela inundação do solo e pela submersão mais profunda constitui uma das principais restrições abióticas ao crescimento, ao lado da escassez de água, salinidade e temperaturas extremas, como principais determinantes da distribuição de espécies em todo o mundo (Jackson, 2005; Visser *et al.*, 2003). A privação de oxigênio nestes solos resulta de um desequilíbrio entre a lenta difusão dos gases na água em comparação com o ar e a taxa que o oxigênio é consumido pelos microrganismos e raízes das plantas (Visser *et al.*, 2003).

A planta quando submetida ao alagamento, pode apresentar estratégias específicas

de tolerância, para garantir sua sobrevivência sob saturação hídrica do solo, e consequentemente, superar a falta de oxigênio no sistema radicular (Povh *et al.*, 2005). Existem espécies que, quando alagadas, apresentam modificações morfológicas, metabólicas e anatômicas, que contribui para a tolerância de plantas a uma condição prolongada de alagamento, essas modificações incluem: lenticelas hipertrofiadas, desenvolvimento de aerênquima e formação de raízes adventícias (Melo *et al.*, 2017). No entanto, estudos básicos de caracterização anatômica ainda são pouco conhecidos, mas podem trazer importantes informações sobre a espécie.

Visando contribuir para o conhecimento das estratégias que as plantas apresentaram para sobreviver em áreas inundadas, o objetivo do trabalho foi investigar os efeitos de diferentes períodos de alagamento sob a anatomia foliar, caulinar, radicular e os pigmentos fotossintéticos em mudas de cacaueteiro.

2 METODOLOGIA

Para a realização do experimento, foram utilizadas 15 mudas de cacaueteiros fornecidas pela CEPLAC, Linhares, ES. As mudas estavam em sacolas de polietileno e foram transferidas para baldes de água, individualmente, e tiveram seu volume preenchido por água à altura correspondente a cerca de 1 cm acima do coleto das plantas submetidas ao tratamento. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos (0, 20, 22, 24 e 28 dias de alagamento) referentes a cada período de alagamento aos quais as plantas foram mantidas, com três repetições, cada uma constituída por uma planta, o tratamento 0 se refere ao controle.

O estudo anatômico foi realizado em material fresco onde secções transversais foram realizadas nas folhas, caule e raiz. Foram selecionadas folhas representativas e as secções realizadas na nervura central. Para o caule foram retirados dois fragmentos por planta, feito um corte 2 cm acima do solo. Para raiz foram selecionadas raízes que cresceram sob o alagamento. Foram realizadas secções transversais a mão livre, com auxílio de lâmina de barbear e emblocados em isopor.

Os cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio, depois disso foram lavados com cinco banhos de água destilada, após, foram corados com safra-blau, e analisados em microscópio de campo claro (Euromex) as imagens foram capturadas com microcâmera (CMEX 5), e as medidas biométricas dos tecidos foi realizado com o software ImageFocus 4. Foram obtidas as seguintes medidas para folha: comprimento do xilema, comprimento do floema, comprimento da nervura central, comprimento do mesofilo. Caule: comprimento do xilema e diâmetro do vaso do xilema. Nas raízes: número de aerênquima, polos do xilema, circunferência do cilindro vascular, espessura do cilindro vascular.

Para extração e quantificação de clorofilas a, b e totais foi utilizada a metodologia proposta por ARNON (1949). Contudo a extração de carotenoides foi utilizada metodologia proposta por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004). As leituras foram feitas em espectrofotômetro (Beckman, modelo 640B).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa Sisvar versão 5.6 e as medias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS

Todas as estruturas anatômicas foliares (Tabela 1) (comprimento do xilema, floema, nervura central e mesofilo), sofreram redução nos tecidos quando alagadas por 28 dias, os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 1. Comprimento do xilema (Comp xilema), comprimento do floema (Comp floema), comprimento da nervura central (comp ner central), comprimento do mesofilo (comp mesofilo) em folhas de *Theobroma cacao* sob diferentes períodos de alagamento.

| Tratamento | Comp xilema | Comp floema | Comp ner central | Comp mesofilo |
|-----------------|-------------|-------------|------------------|---------------|
| Controle | 1,70 a | 0,75 a | 12,71 a | 1,99 a |
| Alagado 20 dias | 1,59 a | 0,74 a | 11,98 a | 1,61 a |
| Alagado 22 dias | 1,74 a | 0,84 a | 12,58 a | 1,95 a |
| Alagado 24 dias | 1,76 a | 0,80 a | 13,07 a | 1,86 a |
| Alagado 28 dias | 1,36 b | 0,64 b | 10,71 b | 1,36 b |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto as variáveis caulinares (Tabela 2), o comprimento do xilema apresentou

uma redução nas plantas mantidas sob alagamento por 20, 22, 24 e 28 dias, as plantas controle (0 dias alagadas) apresentaram maior comprimento. Contudo o diâmetro dos vasos xilemáticos foi superior nas plantas mantidas sob alagamento de 28 dias, os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 2. Comprimento do xilema (Comp xilema), diâmetro dos vasos xilemáticos (Diam vaso xilema), em caule de *Theobroma cacao* sob diferentes períodos de alagamento.

| Tratamento | Comp do xilema | Diam vaso xilema |
|-----------------|----------------|------------------|
| Controle | 11,78 a | 0,53 b |
| Alagado 20 dias | 9,86 b | 0,63 b |
| Alagado 22 dias | 10,4 b | 0,51 b |
| Alagado 24 dias | 9,42 b | 0,64 b |
| Alagado 28 dias | 10,26 b | 0,71 a |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto as estruturas radiculares (Tabela 3), o número de aerênquima foi superior nas plantas mantidas sob alagamento por 28 dias, seguida pelas alagadas a 20, 22 e 24, o controle não apresentou aerênquima. o número de polos xilemáticos foi superior no controle, seguido pelas plantas mantidas alagadas por 20 dias. Houve uma considerável redução na circunferência do cilindro vascular nas plantas alagadas por 28 dias, os demais períodos de alagamento também influenciaram a circunferência do cilindro quando comparados com o controle, o mesmo comportamento foi observado para a espessura do cilindro vascular.

Tabela 3. Número de aerênquima (Nº Aerênquima), Número de polos de xilema (polos de xilema), circunferência do cilindro vascular (Circu CV), espessura do cilindro vascular (Esp CV) em raízes de *Theobroma cacao* sob diferentes períodos de alagamento.

| Tratamento | Nº Aerênquima | Polos de xilema | Circu CV | Esp CV |
|-----------------|---------------|-----------------|----------|--------|
| Controle | 0,00 c | 9,00 a | 27,16 a | 5,68 a |
| Alagado 20 dias | 2,00 b | 5,72 b | 23,49 b | 3,48 b |
| Alagado 22 dias | 2,00 b | 5,00 c | 12,45 c | 3,89 b |
| Alagado 24 dias | 4,00 b | 5,00 c | 13,74 c | 3,84 b |
| Alagado 28 dias | 10,16 a | 4,166 c | 4,20 d | 1,69 c |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos pigmentos fotossintéticos (Tabela 4), tanto o teor de clorofilas a clorofilas totais e carotenoides foi superior nas plantas controle, os demais períodos de

alagamento apresentaram uma redução desses parâmetros, não houve diferença significativa para o teor de clorofilas b.

Tabela 4 Teor de pigmentos fotossintéticos de *Theobroma cacao* após diferentes períodos de alagamento. Cl a = clorofila a; Cl b = clorofila b; Cl total = clorofilas totais; carotenoides = teor de carotenoides.

| Tratamento | Cl a | Cl b | Cl total | Carotenoides |
|-----------------|---------|---------|----------|--------------|
| Controle | 10,63 a | 13,5 a | 24,12 a | 24,96 a |
| Alagado 20 dias | 7,49 b | 9,98 a | 17,46 b | 20,41 b |
| Alagado 22 dias | 9,6 b | 11,79 a | 21,38 b | 21,73 b |
| Alagado 24 dias | 7,82 b | 10,55 a | 18,37 b | 16,84 b |
| Alagado 28 dias | 6,63 b | 9,73 a | 16,09 b | 8,99 b |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que as mudas de cacaueteiro tendem a apresentar mudanças estruturais diante ao alagamento, que podem ser interpretados como uma estratégia de tolerância ao estresse.

Em situações de saturação hídrica o desenvolvimento das plantas pode ser prejudicado, levando a uma série de distúrbios no metabolismo, que promovem alterações no crescimento e no desenvolvimento (Rocha, 2017).

Nas variáveis em que ocorreram variações, essas mudanças foram no aumento do tamanho dos comprimentos e logo em seguida uma queda nesses valores, com o passar dos dias de alagamento, sendo os menores valores nas plantas mantidas sob 28 dias alagadas. Em estudos com *Tabebuia cassinoides* em ambientes alagados, Carrera (2008), observou um aumento na área da nervura central, diferentemente do encontrado nesse trabalho. Segundo Grisi *et al.* (2011) a alteração nessas estruturas quando alagadas por um período maior de tempo (28 dias) está ligada à ação do etileno produzido em condições de baixas concentrações de oxigênio.

O aumento do diâmetro do vaso do xilema caulinar em ambiente alagado, está ligado a disponibilidade de água, pois o menor diâmetro e comprimento são associados a ambientes com déficit hídrico (Sousa *et al.*, 2015). Os resultados do presente trabalho

corroboram com o trabalho de Luchi (2004), que ao estudar a anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill, também constatou um maior diâmetro do xilema nos ambientes alagados. Plantas submetidas ao alagamento inibem a captura de água, as proteínas aquaporinas são bloqueadas devido à deficiência de oxigênio nos tecidos das células, e assim não conseguem capturar a água demandada pelo vegetal (Sousa *et al.*, 2015). Essas adaptações justificam a diminuição do comprimento do xilema, uma vez que reduz a atividade do xilema devido a diminuição da transpiração, também justificando o aumento do diâmetro dos vasos xilemáticos.

A diminuição dos polos de xilema e a circunferência do cilindro vascular, de plantas sob alagamento, Medri *et al.* (2011), relatam que alterações anatômicas, como, por exemplo, a menor ocorrência de fibras perivasculares em plantas de alagadas de *Aegiphila sellowiana*, provavelmente estejam relacionadas à economia energética durante o período de estresse causado pelo alagamento. Esta hipótese pode explicar a menor ocorrência de polos do xilema e a diminuição da circunferência do cilindro vascular em plantas alagadas de *T. cacao*.

A espessura do cilindro vascular, nas plantas submetidas ao alagamento, apresentou significativa redução em relação ao controle. Henrique *et al.* (2009) ao estudarem sibiripiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) verificaram também a diminuição da espessura do cilindro vascular. Segundo Henrique *et al.* (2009), algumas espécies desenvolvem mudanças na espessura de seus tecidos para uma melhor adaptabilidade a diferentes condições de estresse.

Além disso, foi verificado o aumento do número de aerênquima conforme o aumento do período de alagamento, essas estruturas são características bastante frequentes em plantas submetidas ao alagamento, pois raízes aerenquimatosas aumentam a difusão e o transporte de gases entre o ambiente externo e a planta (Medri *et al.*, 2011).

Com relação aos valores de clorofila a e clorofila b, Ferreira (2011), apresentou variações entre espécies, o teor de clorofila b foi reduzido nas mudas de Pereiro por efeito do alagamento enquanto que em Mororó (*Bauhinia forficata*) as médias desta variável não diferiam entre o controle e o alagamento. Nas mudas de Pereiro e Mororó, o teor de clorofila a foram significativamente reduzidos com a imposição do estresse anóxico.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram alteração significativa nos comprimentos de estruturas celulares. Neste contexto, este estudo demonstrou que, sob alagamento, ocorrem alterações significativas na anatomia e nos pigmentos fotossintéticos de plantas de *Theobroma cacao* L., essas alterações são uns dos principais fatores que condicionam a tolerância desta espécie ao ambiente inundado. Tendo em vista que sua plasticidade e seu comportamento em relação aos parâmetros anatômicos estudados são condizentes àqueles que promovem tolerância de plantas submetidas a essas condições de alagamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG) e Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Espírito Santo—FAPES, número da concessão DI 004/2022 SEAG/FAPES—Banco de projetos Fase III pelo apoio financeiro na realização do estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M. V. C.; MENDES, F. A. T.; MÜLLER, M. W.; MATOS, P. G. G. **Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Implantação do cacau em sistemas agroflorestais / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. – Brasília: Mapa/ACS, 76 p. 2014.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, n.24, p.1-15. 1949.
- BRAGA, P. C. S. **Respostas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. a diferentes concentrações de ferro sob alagamento.** 2015. 110f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.
- CARRERA, Ú.S. **Variação intraespecífica na anatomia da folha e do lenho de *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. (Bignoniaceae) em ambientes distintos.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro / Escola Nacional de Botânica Tropical, 2008.
- CEPLAC. **Características gerais do cacau, 2007.** Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cacau.htm>>. Acesso em: 16 mar. 2020.
- EZIN, V.; DE LA PENA, R.; AHANCHEDE, A. Flooding tolerance of tomato genotypes during vegetative and reproductive stages. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, p.131-142, 2010.
- FERREIRA, D. T. R. G. **Alterações fisiológicas e bioquímica de quatro espécies florestais do bioma caatinga submetidas a alagamento.** Dissertação (mestrado em Agronomia: Produção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2011.
- GRISI, F. A., ANGELO, A. C., BOEGER, M. R., LEITÃO, C. A. E., GALVÃO, S. F., WENDLING, I. 2011. Morfoanatomia foliar em mudas de *Schinus terebinthifolius* sob diferentes níveis de saturação hídrica. **Floresta**. v. 41, p. 881- 894, 2011.
- HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; GOULAT, P. F. P.; DEUNER, S.; SILVEIRA, N. M.; ZANANDRA, I.; CASTRO, E.M. Característica fisiológicas e anatômicas de plantas de sibipiruna submetidas à hipóxia. **Ciência Rural**. v 40, p. 1-7, 2009.
- JACKSON, M. B.; COLMER, T. D. Response and adaptation by plants to flooding stress. **Annals of Botany**, v.96, p.501-505, 2005.

LUCHI, A.E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 27, p.271-280, 2004.

MEDRI, C; MEDRI, M. E; RUAS, E. A; SOUZA, L. A; MEDRI, P. S; SAYHUN, S; PIMENTA, J. A. Morfoanatomia de órgãos vegetativos de plantas juvenis de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae) submetidas ao alagamento do substrato. **Acta Botanica Brasilica**. V.25, p. 445-454, 2011.

MELO, L. A.; MELO, H. C.; DAVIDE, A. C; DE CASTRO, E. M; SANTOS, J. D. P. Estaquia e efeito da deficiência hídrica ou inundação sobre características morfoanatômicas de *Cestrum axillare* Vell. **Ciência Florestal**. V 27, n.1, p. 325-337, 2017.

OLIVEIRA, V. S.; PINHEIRO, A. P. B.; CERRI NETO, B.; ARANTES, S. D.; SILVA, C. A.; CRASQUE, J.; PINTO, M. L. P. B.; SANTOS, G. P.; PAGOTO, A. L. R.; NASCIMENTO, A. L.; MACHADO FILHO, J. A.; POSSE, R. P.; POSSE, S. C. P.; SOUZA, C. A. S.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R. Effect of Flooding Under the Gas Exchange of Cocoa Seedlings. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n.16, p. 233-237, 2019.

POVH, J. A; RUBIN FILHO, C. J; MOURÃO, K. S. M; PINTO, D. D. Respostas morfológicas e anatômicas de plantas jovens de *Chorisia speciosa* A. St.-Hil. (Bombacaceae) sob condições de alagamento. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. v. 27, 3, p.195-202, 2005.

ROCHA, G.A. **Ecofisiologia em plantas de cedro submetidas ao alagamento**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Alfenas, 2017.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Harvest Plus handbook for carotenoid analysis**. Washington, DC: International Food Policy Research Institute; Cali: International Center for Tropical Agriculture, (Technical monograph series, 2), 58p. 2004.

SOUZA, M.A.R; GUEDES, M. C; AGUIAR, O.J.R; FIGUEIREDO. **Influência do alagamento do solo na anatomia da madeira de Mora paraenses (DUKE) DUKE (PRACUÛBA) no estuário amazônico**. II Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia da Madeira. 2015.

VISSER, E. J. W.; VOESENEK, L. A. C. J.; VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Flooding and plant growth. **Annals of Botany**, v.91, p.107-109, 2003.